



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

DE 199 17 354 A 1

⑯ Int. Cl.⁷:

H 04 L 7/08

H 04 L 12/423

⑯ Aktenzeichen: 199 17 354.0
⑯ Anmeldetag: 16. 4. 1999
⑯ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

⑯ Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

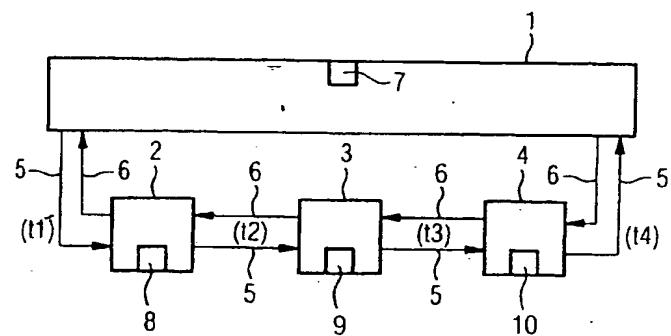
⑯ Erfinder:

Brune, Richard, Dipl.-Ing., 90765 Fürth, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Synchronisationsverfahren für eine Haupteinheit und mindestens eine Nebeneinheit mit internen, miteinander zu synchronisierenden Zeitgebern, hiermit korrespondierendes Kommunikationssystem sowie Haupteinheit und Nebeneinheit eines derartigen Kommunikationssystems

⑯ Synchronisationsverfahren für eine Haupteinheit und mindestens eine Nebeneinheit mit internen, miteinander zu synchronisierenden Zeitgebern, hiermit korrespondierendes Kommunikationssystem sowie Haupteinheit und Nebeneinheit eines derartigen Kommunikationssystems. Interne Zeitgeber (7-10) einer Haupteinheit (1) und mindestens einer Nebeneinheit (2-4) sollen miteinander synchronisiert werden. Hierzu übermittelt die Haupteinheit (1) der Nebeneinheit (2-4) über zwei Kommunikationswege (5, 6) Zeitsignale. Diese benötigen auf den beiden Kommunikationswegen (5, 6) Laufzeiten (T1, T2) zur Nebeneinheit (2-4). Die Differenz (T') der Laufzeiten (T1, T2) wird zumindest in der Nebeneinheit (2-4) erfaßt. Aus der Differenz (T') werden die Laufzeiten (T1, T2) ermittelt. Danach synchronisieren sich die Zeitgeber (7-10) unter Berücksichtigung der Laufzeiten (T1, T2).



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Synchronisationsverfahren für eine Haupteinheit und mindestens eine Nebeneinheit mit internen, miteinander zu synchronisierenden Zeitgebern, die über zwei Kommunikationswege miteinander verbunden sind, ein hiermit korrespondierendes Kommunikationssystem sowie eine Haupteinheit und eine Nebeneinheit für ein derartiges Kommunikationssystem.

Derartige Kommunikationssysteme sind allgemein bekannt. Sie werden insbesondere im Feldbusbereich der Automatisierungstechnik und bei Werkzeugmaschinensteuerungen eingesetzt.

Zur Steuerung technischer Prozesse und Anlagen, insbesondere von Werkzeugmaschinen, ist es oftmals erforderlich, Ereignisse sehr zeitgenau zu erfassen und auch sehr zeitgenau auf die Ereignisse zu reagieren. Insbesondere bei Werkzeugmaschinen reichen die Genauigkeitsanforderungen bei Abmessungen bis in den Submikrometerbereich und bei Zeiten bis in den Submikrosekundenbereich.

Derartige Genauigkeitsanforderungen lassen sich in der Regel nur noch mit Zeitgebern realisieren, die jeder Einheit separat zugeordnet und bei ihr oder in ihr angeordnet sind. Für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Kommunikationssystems müssen die einzelnen Zeitgeber aber miteinander synchronisiert werden. Aufgrund von unvermeidbaren Gangunterschieden der einzelnen Zeitgeber muß die Synchronisation dabei immer wieder wiederholt werden. Die Wiederholrate richtet sich nach den Gangunterschieden und der geforderten Synchronizität. Bei einem maximalen Gangunterschied von 1 ppm und einer geforderten Synchronizität von 50 ns muß beispielsweise spätestens alle 50 ms eine Resynchronisation erfolgen.

In die Synchronisation gehen insbesondere auch die Laufzeiten ein, welche Synchronisationssignale (und auch andere Signale) zwischen der Haupteinheit und den Nebeneinheiten benötigen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Synchronisationsverfahren, ein hiermit korrespondierendes Kommunikationssystem sowie die zugehörigen Haupt- und Nebeneinheiten zu schaffen, mittels derer auf einfache Weise unter Berücksichtigung der Laufzeiten eine exakte Synchronisation bewirkbar ist.

Die Aufgabe wird für das Synchronisationsverfahren dadurch gelöst,

- die Haupteinheit der Nebeneinheit über zwei Kommunikationswege Zeitsignale übermittelt, die auf den beiden Kommunikationswegen Laufzeiten zur Nebeneinheit benötigen,
- die Differenz der Laufzeiten zumindest in der Nebeneinheit erfaßt und aus der Differenz die Laufzeiten ermittelt werden,
- die Zeitgeber sich nach der Ermittlung der Laufzeiten unter Berücksichtigung der Laufzeiten synchronisieren.

Die Laufzeiten umfassen dabei alle Verzögerungen zwischen den Einheiten.

Das Kommunikationssystem, die Haupteinheit und die Nebeneinheit sind entsprechend ausgebildet.

Das Bestimmen der Laufzeiten ist besonders einfach,

- wenn die Kommunikationswege als gegenläufig ringförmige Kommunikationswege ausgebildet sind,
- wenn in der Haupteinheit die Zeitdifferenz zwischen dem Übermitteln eines der Zeitsignale und dem Eintreffen des anderen Zeitsignals oder in mindestens ei-

ner der Einheiten für mindestens einen der Kommunikationswege eine für ein einmaliges Durchlaufen des Kommunikationsweges benötigte Umlaufzeit erfaßt wird und

- wenn zur Ermittlung der Laufzeiten auch die Umlaufzeit bzw. die Zeitdifferenz mit herangezogen wird.

Die Umlaufzeit bzw. die Zeitdifferenz kann beispielsweise dadurch erfaßt werden, daß in der Haupteinheit ein Hauptzähler durch das Übermitteln eines der Zeitsignale und das Wiedereintreffen dieses Zeitsignals bzw. das Eintreffen des anderen Zeitsignals derart gesteuert wird, daß die Differenz der Hauptzählerstände ein Maß für die Umlaufzeit bzw. die Zeitdifferenz ist.

In analoger Weise kann die Differenz der Laufzeiten z. B. dadurch erfaßt werden, daß in der Nebeneinheit ein Nebenzähler durch das Eintreffen der Zeitsignale derart gesteuert wird, daß die Differenz der Nebenzählerstände ein Maß für die Differenz der Laufzeiten ist.

Die Kommunikationswege müssen nicht zwangsweise identisch verlaufen. Beispielsweise ist es möglich,

- daß in den Kommunikationswegen mindestens zwei Nebeneinheiten angeordnet sind,
- daß die Zeitsignale über einen der Kommunikationswege direkt von der einen Nebeneinheit zur anderen Nebeneinheit übermittelt werden und
- daß die Zeitsignale über den anderen der Kommunikationswege über die Haupteinheit von der einen Nebeneinheit zur anderen Nebeneinheit übermittelt werden.

Im Normalbetrieb werden über mindestens einen der Kommunikationswege zwischen der Haupteinheit und der Nebeneinheit Nutzsignale übertragen. Den Nutzsignalen sind Zeitinformationen zugeordnet. Wenn nach der Synchronisation anhand der Zeitinformationen und der Laufzeiten eine erwartete Empfangs-Zeit ermittelt und mit einer tatsächlichen Empfangszeit verglichen wird und bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit eine Fehlermeldung ausgegeben wird, können Änderungen der Kommunikationswege dynamisch erfaßt werden. Beispielsweise kann das Ausgeben einer Fehlermeldung eine neue Ermittlung der Laufzeiten auslösen.

Wenn die Nebeneinheit aufgrund der Laufzeiten eine Anfangsadresse generiert, unter der die Nebeneinheit von der Haupteinheit adressierbar ist, ist auf einfache Weise eine Selbstkonfiguration des Kommunikationssystems möglich.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

- Fig. 1 ein Kommunikationssystem,
- Fig. 2 eine Haupteinheit,
- Fig. 3 eine Nebeneinheit,
- Fig. 4 ein weiteres Kommunikationssystem,
- Fig. 5 ein drittes Kommunikationssystem und
- Fig. 6 ein vierter Kommunikationssystem.

Gemäß Fig. 1 besteht ein Kommunikationssystem aus einer Haupteinheit 1 und drei Nebeneinheiten 2 bis 4. Die Einheiten 1 bis 4 sind über zwei gegenläufig ringförmige Kommunikationswege 5, 6 miteinander verbunden. Die Kommunikationswege 5, 6 sind abschnittsweise gleich lang. Signale, auch Zeitsignale, die über die Kommunikationswege 5, 6 übermittelt werden, benötigen somit von Einheit 1-4 zu Einheit 1-4 unabhängig von der Übertragungsrichtung Abschnittslaufzeiten 11 bis 14.

Gemäß Ausführungsbeispiel sind die Kommunikations-

wege 5, 6 gleich ausgebildet, z. B. als Lichtwellenleiter. Sie könnten aber auch ungleichartig ausgebildet sein, z. B. der Kommunikationsweg 5 als Profibus und der Kommunikationsweg 6 als Ethernet.

In den Einheiten 1 bis 4 sind Zeitgeber 7 bis 10 angeordnet, welche miteinander synchronisiert werden sollen. Bei der Synchronisation sollen die Abschnittlaufzeiten t1 bis t4 zwischen den Einheiten 1 bis 4 berücksichtigt werden.

Hierzu ist gemäß Fig. 2 in der Haupteinheit 1 für jeden der Kommunikationswege 5, 6 je ein Hauptzähler 11, 12 angeordnet. Die Hauptzähler 11, 12 sind mit einem Taktgeber 13 verbunden, der mit einer hohen Taktfrequenz f betrieben wird. Die Taktfrequenz f liegt typisch im Bereich zwischen 10 MHz und 100 MHz, kann aber auch größer sein, z. B. bis zu 3 GHz. Die Hauptzähler 11, 12 werden von einer Steuereinheit 14, z. B. einem Mikroprozessor 14, gesteuert. Insbesondere kann die Steuereinheit 14 über ein Bussystem 15 Hauptzählerstände in die Hauptzähler 11, 12 einspeichern und aus ihnen auslesen. Die Steuereinheit 14 kontrolliert auch die Schnittstellen 16 zu den Kommunikationswegen 5, 6.

Die Nebeneinheiten 2 bis 4 sind ähnlich aufgebaut wie die Haupteinheit. Untereinander sind die Nebeneinheiten 2 bis 4 gleich aufgebaut. Nachfolgend wird daher nur die Nebeneinheit 2 beschrieben. Das zur Nebeneinheit 2 Gesagte gilt aber analog auch für die Nebeneinheiten 3 und 4.

Gemäß Fig. 3 weist die Nebeneinheit 2 nur einen einzigen Nebenzähler 17 auf, der mit einem Taktgeber 18 verbunden ist. Der Taktgeber 18 wird in einem ähnlichen Frequenzbereich betrieben wie der Taktgeber 13 der Haupteinheit 1. Die Nebeneinheit 2 weist ferner einen Richtungserkennern 19 und eine Steuereinheit 20 auf, die ebenfalls als Mikroprozessor oder aber z. B. als Mikrocontroller ausgebildet sein kann. Die Steuereinheit 20 ist insbesondere in der Lage, über ein Bussystem 21 einen Nebenzählerstand im Nebenzähler 17 abzuspeichern oder aus ihm auszulesen. Auch kann sie aus dem Richtungserkennern 19 auslesen, auf welchem der Kommunikationswege 5, 6 zuerst ein Signal eintrifft. Ferner steuert die Steuereinheit 20 die Schnittstellen 22 zu den Kommunikationssystemen 5, 6.

Um eine Synchronisation des Kommunikationssystems zu starten, speichert die Steuereinheit 14 zunächst in den Hauptzählern 11, 12 Hauptzählerstände ab, vorzugsweise vom Wert null. Dann sendet die Haupteinheit 1 auf beiden Kommunikationswegen 5, 6 ein Zeitsignal. Gleichzeitig mit dem Senden des jeweiligen Zeitsignals startet die Steuereinheit 14 den jeweiligen Hauptzähler 11 bzw. 12. Vorzugsweise werden die Zeitsignale gleichzeitig an die Nebeneinheiten 2 bis 4 übermittelt. Alternativ könnten die Zeitsignale aber auch mit einem Zeitversatz gestartet werden.

Die Hauptzähler 11, 12 erhöhen ihre Hauptzählerstände ab dem Starten der Zeitsignale mit jedem Taktignal des Taktgebers 13 um eins. Wenn die Zeitsignale wieder in der Haupteinheit 1 eintreffen, ihren Kommunikationsweg 5 bzw. 6 also genau einmal durchlaufen haben, werden die Hauptzähler 11, 12 wieder gestoppt. Die Hauptzählerstände der Hauptzähler 11, 12 sind somit ein Maß für eine Umlaufzeit T, welche zum Durchlaufen des Kommunikationswegs 5 bzw. 6 benötigt wird.

Alternativ könnten die Hauptzähler 11, 12 ihre Hauptzählerstände kontinuierlich erhöhen. In diesem Fall müssen die Zählerstände beim Starten und Wiedereintreffen der Zeitsignale ausgelesen und zwischengespeichert werden.

Die Zeitsignale benötigen auf den Kommunikationswegen 5, 6 Laufzeiten T1, T2 zu den Nebeneinheiten 2-4, die durch die Abschnittlaufzeiten t1-t4 bestimmt sind. In der Regel sind die Laufzeiten T1, T2 voneinander verschieden, weisen also eine von Null verschiedene Differenz T' auf.

In den Nebeneinheiten 2 bis 4 speichert die Steuereinheit 20 ebenfalls zunächst einen Nebenzählerstand, z. B. den Wert Null, im Nebenzähler 17 ab. Beim Eintreffen eines der Zeitsignale wird dann unabhängig davon, auf welchem der

5 Kommunikationswege 5, 6 dieses Zeitsignal eintrifft, der Nebenzähler 17 gestartet. Im Richtungserkennern 19 wird aber abgespeichert, ob zuerst auf dem Kommunikationsweg 5 oder zuerst auf dem Kommunikationsweg 6 ein Zeitsignal eingetroffen ist. Ab dem Starten des Nebenzählers 17 wird 10 dieser mit jedem Takt des Taktgebers 18 um eins erhöht.

Wenn nun auf dem anderen der Kommunikationswege 5, 6 das andere Zeitsignal eintrifft, wird der Nebenzähler 17 mit seinem dann erreichten Nebenzählerstand gestoppt. Der Nebenzählerstand ist somit ein Maß für die Differenz T' der 15 Laufzeiten T1, T2. Auch hier könnte alternativ wieder der Nebenzähler 17 kontinuierlich inkrementiert werden. Beim Eintreffen der Zeitsignale muß dann aber der jeweilige Nebenzählerstand ausgelesen und zwischengespeichert werden.

20 Aus der Differenz T' der Laufzeiten T1, T2 können dann unter Heranziehung der Umlaufzeit T die Laufzeiten T1, T2 ermittelt werden. Wenn mit T1 die Laufzeit auf dem Kommunikationsweg, z. B. 5, bezeichnet wird, auf dem zuerst ein Zeitsignal in der jeweiligen Nebeneinheit 2 bis 4 eintrifft, und mit T2 die Laufzeit auf dem anderen Kommunikationsweg, z. B. 6, so gilt

$$T1 = (T - T')/2 \text{ und } T2 = (T + T')/2.$$

30 Mit diesen Laufzeitinformationen ist dann eine exakte Synchronisierung der einzelnen Zeitgeber 7 bis 10 möglich. Insbesondere kann die Haupteinheit 1 über einen der Kommunikationswege 5, 6 ein Zusatzezeitsignal übermitteln, dem ein Zeitstempel zugeordnet ist. Aufgrund der nunmehr bekannten Laufzeiten T1 bzw. T2 zu den Nebeneinheiten 2 bis 4 können die Nebeneinheiten 2 bis 4 dann eine Kompensation der Laufzeiten T1 bzw. T2 vornehmen und somit ihre Zeitgeber 8 bis 10 sehr zeitgenau mit dem Zeitgeber 7 der Haupteinheit 1 synchronisieren. Die Synchronisation erfolgt 35 also unter Berücksichtigung der Laufzeiten T1, T2. Je nach Taktfrequenz f ist dabei eine Synchronisation auf eine μ s und genauer, zum Teil sogar bis auf 20 ns genau, möglich.

40 Die Synchronisation muß immer wieder erneuert werden, um Gangunterschiede zwischen den einzelnen Zeitgebern 7 bis 10 auszugleichen. Bei den Resynchronisierungen sind die Laufzeiten T1, T2 aber bereits bekannt. Eine Neuermittlung ist nicht mehr nötig. Demzufolge kann beispielsweise über den Kommunikationsweg 5 eine Synchronisierung der Einheiten 1 bis 4 erfolgen, während über den anderen Kommunikationsweg 6 andere Daten ausgetauscht werden. Die Synchronisation hat also keinen oder nur geringen Einfluß 45 auf die allgemeine Kommunikation.

Die Umlaufzeit T kann in jeder Einheit 1-4 ermittelt werden. Es ist aber ausreichend, wenn die Haupteinheit 1 die Umlaufzeit T ermittelt und die Nebeneinheiten 2 bis 4 nur die Differenzen T'. Denn beispielsweise kann die Haupteinheit 1 nach Ermittlung der Umlaufzeit T diese mittels einer Meldung an alle angeschlossenen Nebeneinheiten 2 bis 4 den Nebeneinheiten 2 bis 4 mitteilen. Dann ist in jeder Nebeneinheit 2 bis 4 die Information vorhanden, welche zur 50 Ermittlung der Laufzeiten T1, T2 erforderlich ist.

Alternativ zur Ermittlung der Umlaufzeit T kann in der Haupteinheit 1 auch eine Zeitdifferenz T" zwischen dem Übermitteln eines der Zeitsignale und dem Eintreffen des anderen Zeitsignals erfaßt werden. Aufgrund der Differenzen T' der Laufzeiten T1, T2 und der Zeitdifferenz T" können dann die Abschnittlaufzeiten t1 bis t4 ermittelt werden. Aus den dann bekannten Abschnittlaufzeiten t1 bis t4 kön-

nen wiederum die Umlaufzeit T sowie für jede Nebeneinheit 2 bis 4 die Laufzeiten $T1, T2$ ermittelt werden.

Vorzugsweise generieren die Nebeneinheiten 2-4 aufgrund der Laufzeit $T1$ und/oder der Laufzeit $T2$ eine Adresse, unter der sie zumindest anfänglich von der Haupteinheit 1 adressierbar sind. Die Haupteinheit 1 kann danach beispielsweise jede mögliche Adresse (minimal = 1, maximal = $f \times T$) abfragen, ob unter dieser Adresse eine Nebeneinheit 2 bis 4 in den Kommunikationswegen 5, 6 angeordnet ist.

Im Normalbetrieb werden über mindestens einen der Kommunikationswege 5, 6 Nutzsignale zwischen der Haupteinheit 1 und den Nebeneinheiten 2 bis 4 übertragen. Den Nutzsignalen sind dabei Zeitstempel zugeordnet, das heißt den Nutzsignalen ist eine Zeitinformation beigefügt. Beispielsweise kann der Zeitstempel die aktuelle Sendezeit enthalten. Alternativ kann beispielsweise auch in der sendenden Einheit, z. B. der Nebeneinheit 2, eine Prüfsumme, z. B. ein CRC (cyclic redundancy check), gebildet werden und die Prüfsumme mit übertragen werden. In diesem Falle enthält die Prüfsumme in codierter Form die Zeitinformation. Die Regel zur Bildung der Prüfsumme kann dabei in den beiden Kommunikationswegen 5, 6 verschieden sein. Dies erhöht die Übertragungssicherheit noch weiter.

Wenn nun ein Nutzsignal mit einer Zeitinformation, die die Sendezeit enthält, von einer Einheit 1 bis 4 empfangen wird, so kann die empfangende Einheit 1 bis 4 aus der Zeitinformation und der bekannten Laufzeit $T1$ bzw. $T2$ eine erwartete Empfangszeit ermitteln. Diese erwartete Empfangszeit kann die jeweilige Einheit 1 bis 4 mit der Zeit vergleichen, zu der sie das Nutzsignal tatsächlich empfangen hat. Bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit kann dann eine Fehlermeldung generiert und ausgegeben werden.

Insbesondere wenn im Betrieb des Kommunikationssystems Änderungen der Systemkonfiguration zulässig sind, sind Fehlermeldungen oft ein Indiz für eine derartige Änderung der Systemkonfiguration. In diesem Fall kann beispielsweise beim Auftreten einer Fehlermeldung ein neuer Synchronisationslauf gestartet werden, um Änderungen zu erfassen und bei zukünftigen Synchronisierungsvorgängen berücksichtigen zu können.

Wenn kurz hintereinander jedoch mehrere Fehlermeldungen auftreten, ist dies in der Regel ein Zeichen dafür, daß die Kommunikation als solche gestört ist. Falls es aus Sicherheitsgründen erforderlich sein sollte, kann in diesem Fall beispielsweise die kontrollierte Werkzeugmaschine oder sonstige technische Anlage in einen sicheren Zustand überführt und stillgesetzt werden.

In den Fig. 4 und 5 sind Kommunikationssysteme dargestellt, bei denen die Nebeneinheiten 2 bis 4, 2', 3' und 2'' zu Gruppen I, II, III zusammengefaßt sind. Ersichtlich werden Signale, also auch Zeitsignale, über den Kommunikationsweg 5 direkt von Nebeneinheit zu Nebeneinheit übermittelt, beispielsweise von der Nebeneinheit 4 zur Nebeneinheit 2' und von der Nebeneinheit 3' zur Nebeneinheit 2''. Über den anderen der Kommunikationswege 6, 6', 6'' hingegen werden die Signale zur Haupteinheit 1 zurückgeführt, also nur indirekt über die Haupteinheit 1 von der jeweils anderen Nebeneinheit, z. B. 2'' oder 2', zur einen Nebeneinheit, z. B. 3' oder 4', übermittelt.

Wenn das Kommunikationssystem - wie in Fig. 4 dargestellt - nur zwei Gruppen I, II aufweist, sind die einzelnen Laufzeiten $T1, T2$ in den Kommunikationswegen 5, 6, 6' unabhängig von der Abschnittslaufzeit eines Signals von der Nebeneinheit 4 zur Nebeneinheit 2' ermittelbar. Bei mehr als zwei Gruppen I, II, III - wie in Fig. 5 dargestellt - müssen die gruppenübergreifenden Abschnittslaufzeiten zwischen

den Nebenstationen 4 und 2' sowie 3' und 2'' jedoch entweder bekannt sein oder zwar absolut unbekannt, aber ebenso groß wie die Summe der Abschnittslaufzeiten von der Haupteinheit 1 zur Nebenstation 4 und von der Nebeneinheit 2' zur Nebeneinheit 1 bzw. der Summe der Laufzeiten von der Nebeneinheit 2'' zur Haupteinheit 1 und von der Haupteinheit 1 zur Nebeneinheit 3'.

Gemäß Fig. 6 sind die Kommunikationswege 5, 6 nicht als gegenläufige Ringe, sondern als gleichläufige offene Verbindungsstrecken ausgebildet. Beispielsweise ist der Kommunikationsweg 5 als Lichtwellenleiter, der Kommunikationsweg 6 als elektrischer Bus ausgebildet.

Aufgrund der unterschiedlichen Ausbildung weisen die Kommunikationswege 5, 6 Signalgeschwindigkeiten $v1, v2$ auf, die verschieden voneinander sind. Die Signalgeschwindigkeiten $v1, v2$ können beispielsweise vorab durch Versuchsmessungen ermittelt werden.

Zur Bestimmung der Laufzeiten $T1, T2$ übermittelt die Haupteinheit 1 gleichzeitig (oder mit bekanntem Zeitversatz) über beide Kommunikationswege 5, 6 Zeitsignale an die Nebeneinheiten 2, 3.

Zwischen der Haupteinheit 1 und der Nebeneinheit 2 weisen die Kommunikationswege 5, 6 eine Abschnittslänge 11 und zwischen den Nebeneinheiten 2, 3 eine Abschnittslänge 12 auf. In den Nebeneinheiten 2, 3 wird wieder die Differenz T der Laufzeiten $T1, T2$ erfaßt. Wenn die Signalgeschwindigkeit $v1$ größer als die Signalgeschwindigkeit $v2$ ist, ergibt sich die Differenz T zu

$$T = 11/v2 - 11/v1.$$

Die Laufzeiten $T1, T2$ ergeben sich dann zu

$$T1 = T \cdot v2/(v1 - v2) \text{ bzw. } T2 = T \cdot v1/(v1 - v2).$$

Patentansprüche

1. Synchronisationsverfahren für eine Haupteinheit (1) und mindestens eine Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') mit internen, miteinander zu synchronisierenden Zeitgebern (7-10),

- wobei die Haupteinheit (1) der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') über zwei Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') Zeitsignale übermittelt, die auf den beiden Kommunikationswegen (5, 6, 6', 6'') Laufzeiten ($T1, T2$) zur Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') benötigen,

- wobei die Differenz (T) der Laufzeiten ($T1, T2$) zumindest in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') erfaßt und aus der Differenz (T) die Laufzeiten ($T1, T2$) ermittelt werden,

- wobei die Zeitgeber (7-10) sich nach der Ermittlung der Laufzeiten ($T1, T2$) unter Berücksichtigung der Laufzeiten ($T1, T2$) synchronisieren.

2. Synchronisationsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') als gegenläufig ringförmige Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ausgebildet sind,

- daß in der Haupteinheit eine Zeitdifferenz (T') zwischen dem Übermitteln eines der Zeitsignale und dem Eintreffen des anderen Zeitsignals oder in mindestens einer Einheit (1-4, 2', 3', 2'') für mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') eine für ein einmaliges Durchlaufen des

Kommunikationsweges (5, 6, 6', 6'') benötigte Umlaufzeit (T) erfaßt wird und

- daß zur Ermittlung der Laufzeiten (T₁, T₂) auch die Umlaufzeit (T) bzw. die Zeitdifferenz (T'') mit herangezogen wird.

3. Synchronisationsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Haupteinheit (1) ein Hauptzähler (11, 12) durch das Übermitteln eines der Zeitsignale und das Wiedereintreffen dieses Zeitsignals bzw. das Eintreffen des anderen Zeitsignals derart gesteuert wird, daß die Differenz der Hauptzählerstände ein Maß für die Umlaufzeit (T) bzw. die Zeitdifferenz (T'') ist.

4. Synchronisationsverfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Haupteinheit (1) erfaßt wird, für welchen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') die Umlaufzeit (T) erfaßt wird bzw. auf welchem der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') das eine Zeitsignal übermittelt wird.

5. Synchronisationsverfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,

- daß in den Kommunikationswegen (5, 6, 6', 6'') mindestens zwei Nebeneinheiten (2-4, 2', 3', 2'') angeordnet sind,
- daß die Zeitsignale über einen der Kommunikationswege (z. B. 5) direkt von der einen Nebeneinheit (z. B. 4) zur anderen Nebeneinheit (z. B. 2') übermittelt werden und
- daß die Zeitsignale über den anderen der Kommunikationswege (6, 6', 6'') über die Haupteinheit (1) von der anderen Nebeneinheit (z. B. 2') zur einen Nebeneinheit (z. B. 4) übermittelt werden.

6. Synchronisationsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß über mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') zwischen der Haupteinheit (1) und der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2') Nutzsignale übertragen werden, wobei den Nutzsignalen Zeitinformationen zugeordnet sind,
- daß nach der Synchronisation anhand der Zeitinformationen und der Laufzeiten (T₁, T₂) eine erwartete Empfangszeit ermittelt und mit einer tatsächlichen Empfangszeit verglichen wird und
- daß bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

7. Synchronisationsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') aufgrund der Laufzeiten (T₁, T₂) eine Anfangsadresse generiert, unter der die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') von der Haupteinheit (1) adressierbar ist.

8. Synchronisationsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ungleichartig ausgebildet sind.

9. Synchronisationsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') ein Nebenzähler (17) durch das Eintreffen der Zeitsignale derart gesteuert wird, daß die Differenz der Nebenzählerstände ein Maß für die Differenz (T') der Laufzeiten (T₁, T₂) ist.

10. Synchronisationsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') erfaßt wird, auf welchem der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') das eine Zeitsignal eintrifft.

11. Haupteinheit mit einem internen, mit einem Zeitgeber (8-10) einer Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') zu syn-

chronisierenden Zeitgeber (7).

- wobei die Haupteinheit (1) über zwei ringsförmige Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') mit der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') verbindbar ist,
- wobei von der Haupteinheit (1) über die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') Zeitsignale an die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') übermittelbar sind,
- wobei in der Haupteinheit (1) eine für ein einmaliges Durchlaufen eines der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') benötigte Umlaufzeit (T) und/oder eine Zeitdifferenz (T'') zwischen dem Übermitteln eines Zeitsignals auf einem der Kommunikationswege (5, 6) und dem Wiedereintreffen des Zeitsignals auf dem anderen der Kommunikationswege (5, 6) erfaßbar ist.

12. Haupteinheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Hauptzähler (11, 12) aufweist, der durch das Übermitteln eines der Zeitsignale und das Wiedereintreffen dieses Zeitsignals bzw. das Eintreffen des anderen Zeitsignals derart steuerbar ist, daß die Differenz der Hauptzählerstände ein Maß für die Umlaufzeit (T) bzw. die Zeitdifferenz (T'') ist.

13. Haupteinheit nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet,

- daß in den Kommunikationswegen (5, 6, 6', 6'') mindestens zwei Nebeneinheiten (2-4, 2', 3', 2'') anordenbar sind,
- daß die Nebeneinheiten (2-4, 2', 3', 2'') über einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') direkt miteinander verbindbar sind und
- daß die Nebeneinheiten (2-4, 2', 3', 2'') über den anderen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') über die Haupteinheit (1) miteinander verbindbar sind.

14. Haupteinheit nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet,

- daß über mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') zwischen der Haupteinheit (1) und der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2') Nutzsignale übertragbar sind, wobei den Nutzsignalen Zeitinformationen zugeordnet sind,
- daß nach der Synchronisation anhand der Zeitinformationen und der Laufzeiten (T₁, T₂) eine erwartete Empfangszeit ermittelbar und mit einer tatsächlichen Empfangszeit vergleichbar ist und
- daß bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit eine Fehlermeldung ausgebbar ist.

15. Haupteinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß sie die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') unter einer Anfangsadresse adressiert, die aufgrund der Laufzeiten (T₁, T₂) generiert wird.

16. Haupteinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ungleichartig ausgebildet sind.

17. Nebeneinheit mit einem internen, mit einem Zeitgeber (7) einer Haupteinheit (1) zu synchronisierenden Zeitgeber (8-10),

- wobei die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') mit der Haupteinheit (1) über zwei Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') verbindbar ist,
- wobei von der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') von der Haupteinheit (1) über die zwei Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') übermittelte Zeitsignale empfangbar sind,
- wobei von der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') eine Differenz (T') von Laufzeiten (T₁, T₂) der Zeitsignale erfaßbar ist.

18. Nebeneinheit nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') als ringsförmige Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ausgebildet sind. 5

19. Nebeneinheit nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet:

- daß über mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') zwischen der Haupteinheit (1) und der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') Nutzsignale übertragbar sind, wobei den Nutzsignalen 10 Zeitinformationen zugeordnet sind,
- daß nach der Synchronisation anhand der Zeitinformationen und der Laufzeiten (T1, T2) eine erwartete Empfangszeit ermittelbar und mit einer tatsächlichen Empfangszeit vergleichbar ist und 15
- daß bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit eine Fehlermeldung ausgebbar ist.

20. Nebeneinheit nach Anspruch 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Nebeneinheit (2-4, 2', 20 3', 2'') aufgrund der Laufzeiten (T1, T2) eine Anfangsadresse generiert, unter der die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') von der Haupteinheit (1) adressierbar ist.

21. Nebeneinheit nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Nebenzähler 25 (17) aufweist, der durch das Eintreffen der Zeitsignale derart steuerbar ist, daß die Differenz der Nebenzählerstände ein Maß für die Differenz (T') der Laufzeiten (T1, T2) ist.

22. Nebeneinheit nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß sie erfaßt, auf welchem der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') das eine Zeitsignal eintrifft. 30

23. Nebeneinheit nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ungleichartig ausgebildet sind. 35

24. Kommunikationssystem mit einer Haupteinheit (1) und mindestens einer Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') mit internen, miteinander zu synchronisierenden Zeitgebern (7-10), die über zwei Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') miteinander verbunden sind, wobei die Differenz (T') der Laufzeiten (T1, T2) zumindest in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') erfaßbar und aus der Differenz (T') die Laufzeiten (T1, T2) ermittelbar sind, wobei die Zeitgeber (7-10) nach der Ermittlung der Laufzeiten (T1, T2) unter Berücksichtigung der Laufzeiten 40 (T1, T2) miteinander synchronisierbar sind.

25. Kommunikationssystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') als gegenläufig ringsförmige Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ausgebildet sind und in der Haupteinheit (1) eine Zeitdifferenz (T'') zwischen dem Übermitteln eines der Zeitsignale und dem Eintreffen des anderen Zeitsignals oder in mindestens einer der Einheiten (1-4, 2', 3', 2'') für mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') eine für ein einmaiges Durchlaufen des Kommunikationsweges (5, 6, 6', 6'') benötigte Umlaufzeit (T) erfaßbar ist. 55

26. Kommunikationssystem nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß in der Haupteinheit (1) ein Hauptzähler (11, 12) durch das Übermitteln eines der Zeitsignale und das Wiedereintreffen dieses Zeitsignals bzw. das Eintreffen des anderen Zeitsignals derart gesteuert wird, daß die Differenz der Hauptzählerstände ein Maß für die Umlaufzeit (T) bzw. die Zeitdifferenz (T'') ist. 60

27. Kommunikationssystem nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß in der Haupteinheit (1) erfaßt wird, für welchen der Kommunikationswege

(5, 6, 6', 6'') die Umlaufzeit (T) erfaßt wird bzw. auf welchem der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') das eine Zeitsignal übermittelt wird.

28. Kommunikationssystem nach Anspruch 25, 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet,

- daß in den Kommunikationswegen (5, 6, 6', 6'') mindestens zwei Nebeneinheiten (2-4, 2', 3', 2'') angeordnet sind,
- daß die Zeitsignale über einen der Kommunikationswege (z. B. 5) direkt von der einen Nebeneinheit (z. B. 4) zur anderen Nebeneinheit (z. B. 2') übermittelt werden und
- daß die Zeitsignale über den anderen der Kommunikationswege (6, 5', 6'') über die Haupteinheit (1) von der anderen Nebeneinheit (z. B. 2') zur einen Nebeneinheit (z. B. 4) übermittelt werden.

29. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet,

- daß über mindestens einen der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') zwischen der Haupteinheit (1) und der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') Nutzsignale übertragen werden, wobei den Nutzsignalen Zeitinformationen zugeordnet sind,
- daß nach der Synchronisation anhand der Zeitinformationen und der Laufzeiten (T1, T2) eine erwartete Empfangszeit ermittelt und mit einer tatsächlichen Empfangszeit vergleichbar ist und
- daß bei einer Abweichung der tatsächlichen Empfangszeit von der erwarteten Empfangszeit eine Fehlermeldung ausgebbar ist.

30. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') aufgrund der Laufzeiten (T1, T2) eine Anfangsadresse generiert, unter der die Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') von der Haupteinheit (1) adressierbar ist.

31. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') ungleichartig ausgebildet sind.

32. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') ein Nebenzähler (17) durch das Eintreffen der Zeitsignale derart gesteuert wird, daß die Differenz der Nebenzählerstände ein Maß für die Differenz (T') der Laufzeiten (T1, T2) ist.

33. Kommunikationssystem nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nebeneinheit (2-4, 2', 3', 2'') erfaßt wird, auf welchem der Kommunikationswege (5, 6, 6', 6'') das eine Zeitsignal eintrifft.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

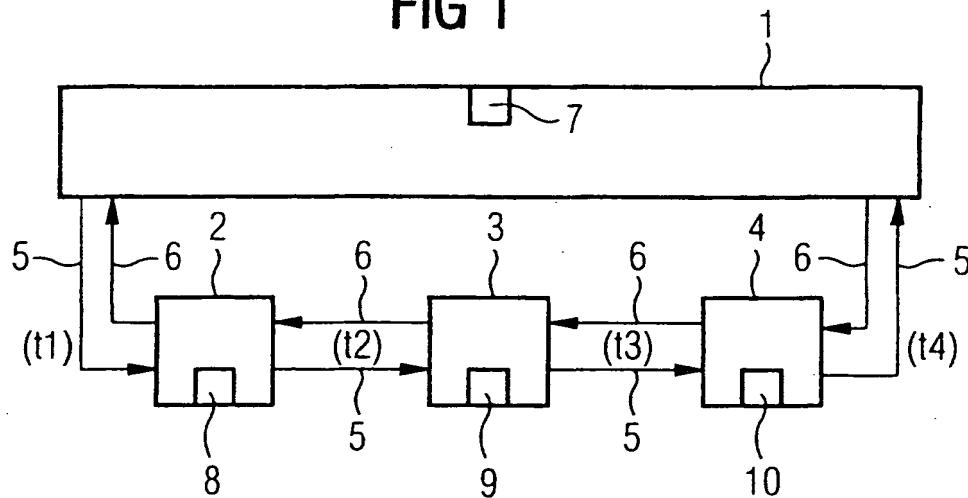


FIG. 2

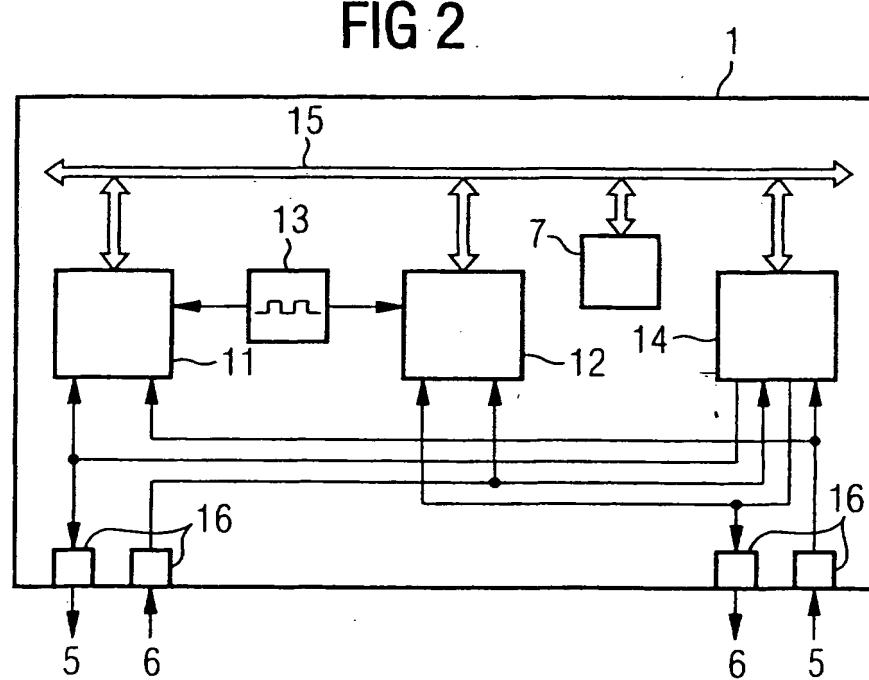


FIG 3

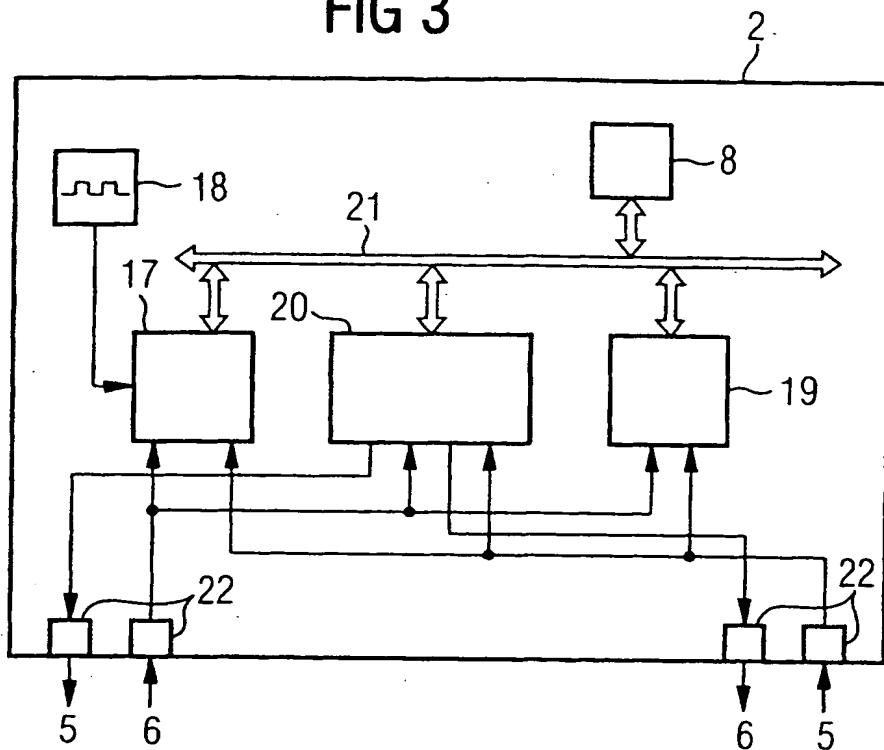


FIG 4

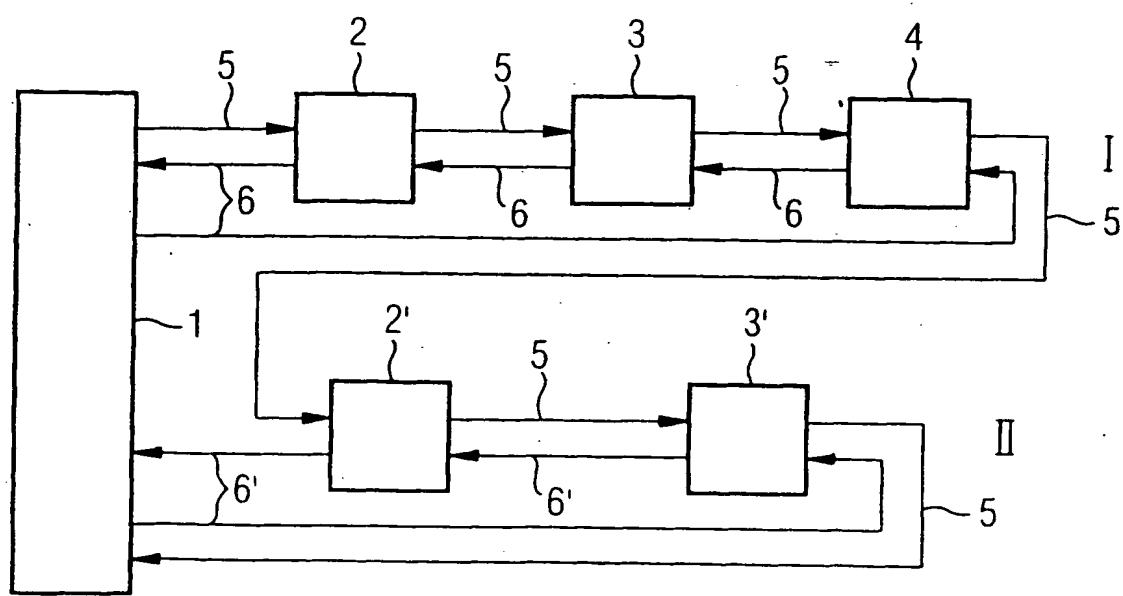


FIG 5

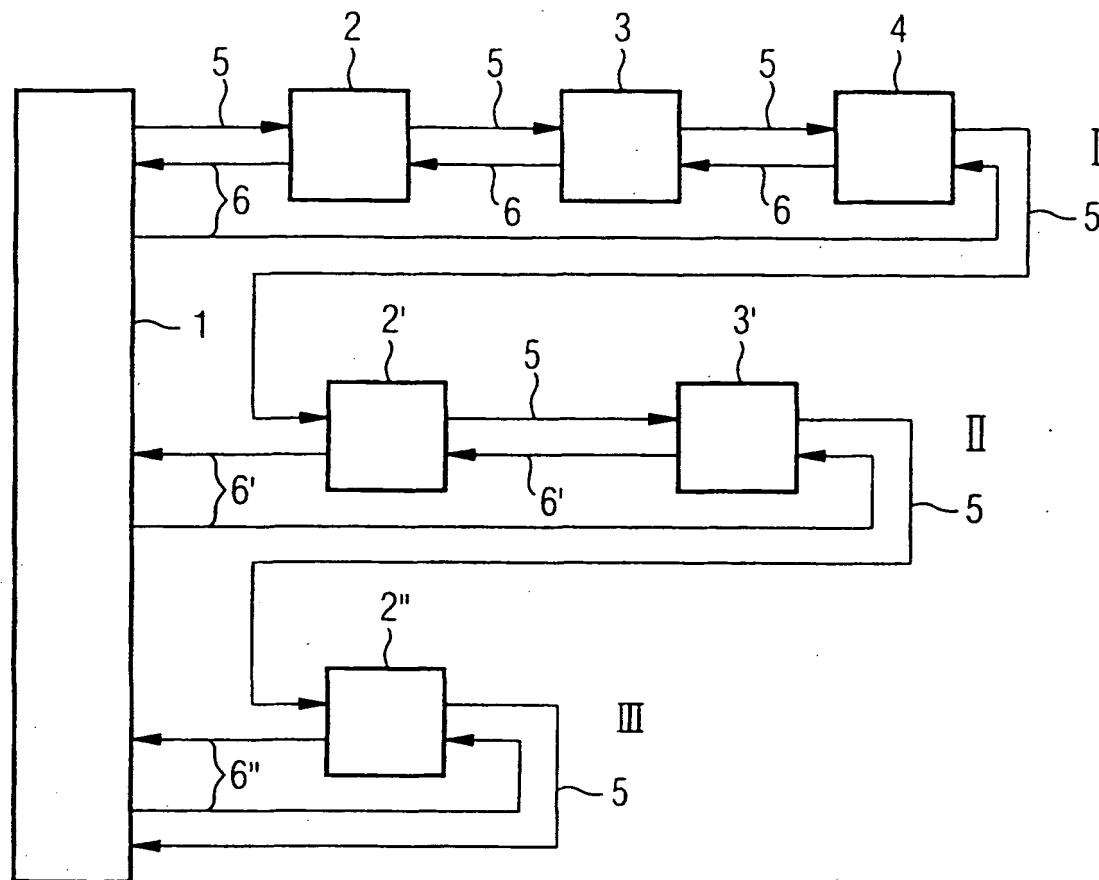
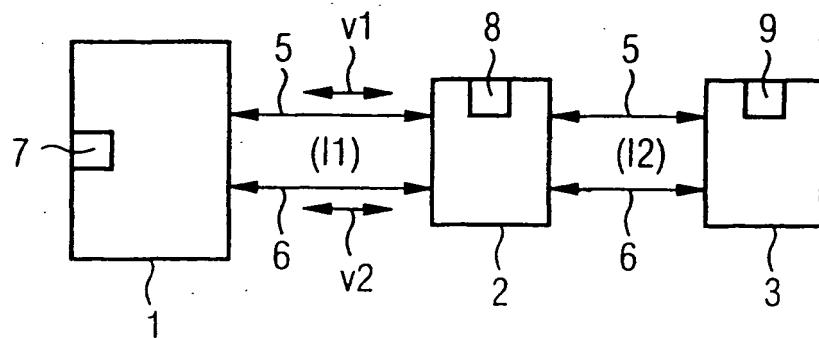


FIG 6



4/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013447905 **Image available**
WPI Acc No: 2000-619848/200060
XRXPX Acc No: N00-459353

Synchronisation method for communication systems - transmitting signals

via two communication paths and determining difference of propagation times of signals for synchronisation

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)

Inventor: BRUNE R

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19917354	A1	20001019	DE 1017354	A	19990416	200060 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1017354 A 19990416

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19917354	A1	9		H04L-007/08	

Abstract (Basic): DE 19917354 A

The method involves transmitting time signals to a sub-unit (2-4)

via two communication paths (5,6) by a main unit (1). The time signals

need propagation time to the sub-unit. The difference of the propagation times is determined at least in the sub-unit and the propagation times are determined from the difference.

A time generator (7-10) synchronises itself according to the determined propagation times. Preferably, the communication paths are

provided as opposed ring paths.

USE - E.g. for field bus area of automation engineering and tool

machine control.

ADVANTAGE - Enables exact synchronisation of communication system

and allocated main and sub-units in simple manner.

Dwg.1,2/6

Title Terms: SYNCHRONISATION; METHOD; COMMUNICATE; SYSTEM; TRANSMIT; SIGNAL

; TWO; COMMUNICATE; PATH; DETERMINE; DIFFER; PROPAGATE; TIME; SIGNAL; SYNCHRONISATION

Derwent Class: T06; W01; W05; X25

International Patent Class (Main): H04L-007/08

International Patent Class (Additional): H04L-012/423

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): T06-D06; W01-A04A; W01-A04A2; W01-A06B2; W01-A06B5A

; W01-A06E2A; W05-D07B; X25-A03F

?

?

